

2665

日本特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日

Date of Application: 1994年 4月13日

出願番号

Application Number: 平成 6年特許願第100642号

出願人

Applicant(s): 株式会社半導体エネルギー研究所

1994年10月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

高島



出証番号 出証特平06-3053559

【書類名】 特許願

【整理番号】 P002665-02

【提出日】 平成 6年 4月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 半導体装置の作製方法及び半導体装置の作製装置

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 島田 浩行

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 竹村 保彦

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特平 6-100642

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の作製方法及び半導体装置の作製装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置と、気相成長方式による真空成膜装置とをいずれも少なくとも1つ有する半導体処理装置において、

レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置において、基板上に形成された半導体膜に対して酸化性もしくは窒化性雰囲気においてレーザー光またはそれと同等な強光を照射する工程と、

前記レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置から外気に曝すことなく前記基板を前記真空成膜装置に移送し、前記半導体膜上に酸化珪素もしくは窒化珪素を含む被膜を形成する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】 請求項1において、真空成膜装置は、プラズマCVD装置、減圧CVD装置、大気圧CVD装置、スパッタリング成膜装置のいずれかであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】 請求項1において、半導体はシリコンであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】 レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置と、気相成長方式による真空成膜装置と、その他の真空処理装置をいずれも少なくとも1つ有する半導体装置の作製装置であって、

レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置は、窒化性または酸化性雰囲気中において、レーザー光または強光を照射する機能を有することを特徴とする半導体装置の作製装置。

【請求項5】 請求項4において、その他の真空処理装置は、エッチング装置、ドーピング装置、熱処理装置のいずれかであることを特徴とする半導体装置の作製装置。

【請求項6】 請求項4において、半導体はシリコンであることを特徴とする半導体装置の作製装置。

【請求項 7】 窒化性または酸化性雰囲気中において、非単結晶シリコン膜に対してレーザー光またはそれと同等な強光を照射し、前記非単結晶シリコン膜表面に酸化珪素もしくは窒化珪素膜を形成するとともに、前記非単結晶シリコン膜の結晶性を改善する工程と、

前記酸化膜上に絶縁膜を積層する工程と、  
を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】 請求項 7において、レーザー光またはそれと同等な強光はパルス幅  $1 \mu\text{sec}$  以下のパルス光であることを特徴とする半導体装置の作製方法

【請求項 9】 請求項 8において、酸化珪素膜をプラズマ CVD 法、減圧熱 CVD 法、またはスパッタリング成膜法で形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】 非単結晶シリコン膜に対して窒化性または酸化性雰囲気中ににおいて、レーザー光またはそれと同等な強光を照射し、前記非単結晶シリコン膜の結晶性を改善する第 1 の工程と、

前記半導体膜上に気相成長法によって酸化珪素もしくは窒化珪素を含む膜を形成する第 2 の工程と、

水素を含む雰囲気中において加熱処理を施す第 3 の工程と、  
前記第 3 の工程の後に、酸化珪素膜を形成する工程と、  
を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 11】 レーザー光またはそれと同等な強光を照射する機能を有する第 1 の処理室と、

水素雰囲気または水素を含む雰囲気中において加熱処理を施す機能を有する第 2 の処理室と、

酸化珪素膜を成膜する機能を有する第 3 の処理室と、  
前記 3 つの処理室に対して共通に設けられた共通室と、  
をそれぞれ少なくとも 1 つ有する装置を用い、

前記第 1 の処理室において、酸化性もしくは窒化性雰囲気で非単結晶シリコン膜に対してレーザー光またはそれと同等な強光を照射し、前記非単結晶シリコン

膜の結晶性を改善するとともに、その表面を酸化もしくは窒化する工程と、

前記第2の処理室において、水素雰囲気または水素を含む雰囲気中で加熱処理を施す工程と、

前記第3の処理室において前記シリコン膜を覆って酸化珪素もしくは窒化珪素を含む膜を形成する工程と、

を少なくと有し、

前記各処理室間における試料の移動は、前記共通室を介して、外気に曝さずに行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【産業上の利用分野】

本発明は、薄膜状の活性層を有する半導体装置（薄膜トランジスタ（TFT）やその集積回路等）の作製方法とそのための装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

半導体素子としてガラス基板上に形成された薄膜シリコン半導体を用いた薄膜トランジスタ（一般にTFTと称される）が知られている。このTFTを構成する薄膜珪素半導体としては、結晶性シリコン膜を用いることが有用である。また、良好な特性を有するTFTを得るためにには、シリコン膜の表面に良好な界面を特性を有して絶縁膜（一般には酸化珪素膜）を形成する必要がある。しかし、十分な界面特性を有したゲイト絶縁膜を形成することはこれまでの技術においては問題があった。

##### 【0003】

ゲイト絶縁膜として、もっとも特性の良い絶縁膜は、熱酸化による酸化珪素膜であった。しかしながら、熱酸化によってこのような膜を得ようとすると、900℃を越えるような高温が必要であった。これはTFTを構成する基板や材料に大きな制約をもたらし、TFTプロセスの低温化の流れの大きな障害であった。

これに対し、気相成長法（すなあわち、CVD法やPVD法）による成膜はそれほどの高温を要求されることはなかったが、得られる絶縁膜と半導体との界面

特性が好ましいものではなかった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記の問題を鑑みてなされたのであり、基本的に熱酸化などの高温を必要としないで、良好な界面特性を有した絶縁膜を形成することを主な目的とする。

また、上記絶縁膜を形成するプロセスの生産性を安定性を向上させることを他の目的とする。

【0005】

【問題を解決する手段】

本発明の主要な構成は、

レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置と、気相成長法による真空成膜装置（例えば、プラズマCVD装置、減圧CVD（LPCVD）装置、大気圧CVD（APCVD）装置、スパッタリング成膜装置（スパッタ装置）等）をいずれも少なくとも1つ有する半導体処理装置において、

レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置において、基板上に形成されたアモルファス半導体膜や多結晶半導体膜、微結晶半導体膜等の非単結晶半導体膜に対してレーザー光または強光を照射する工程と、

前記レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置から外気に曝すことなく前基板を他の真空処理装置に移送し、所定の処理を行う工程と、

を有し、

前記レーザー光またはそれと同等な強光の照射は、酸素雰囲気等の酸化性雰囲気、あるいはアンモニア雰囲気等の窒化性雰囲気中において行われ、非単結晶半導体膜の結晶性を向上せしめ、その表面の酸化もしくは表面への酸化膜の形成（酸化性雰囲気の場合）、あるいはその表面の窒化もしくは表面への窒化膜の形成（窒化性雰囲気の場合）、とを行うことを特徴とする。

【0006】

上記構成において、レーザー光またはそれと同等な強光を照射する処理装置は、レーザー光またはそれと同等な強光を照射する機能と、必要とするガスを導入

する手段と、雰囲気を減圧にするための排気手段とを有している必要がある。レーザー光としては、エキシマレーザーや各種YAGレーザー、ルビーレーザー等を用いることができる。レーザー以外の非コヒーレントな光源としては、キセノンランプ、クリプトンランプの希ガスランプや、ハロゲンランプ等を用いることができる。用いる光源の波長としては、赤外から紫外までの広い範囲で可能であるが、基板の温度上昇を防止するという意味で、光の照射はパルス状になされることが好ましく、パルス幅は $1 \mu\text{sec}$ 以下が好ましい。

## 【0007】

真空成膜装置としては、プラズマCVD装置、減圧CVD（LPCVD）装置、大気圧CVD（APCVD）装置、スパッタリング成膜装置（スパッタ装置）等を用いることができる。

以上の装置以外にも、その他に真空処理装置として、各種雰囲気での加熱処理装置、イオン注入装置、エッチング装置、外部との間で基板の搬入搬出を行う装置を接続しておいてもよい。これらの装置は、それぞれにおいて必要とするガスの導入系と排気系とを有し、基板の搬送を専門に行うための共通の搬送室に連結された構成を有することが望ましい。

基板を外気に曝さずに移送するのは、各処理工程において被処理物（例えば基板上のシリコン膜）が汚染されることを防ぐためである。

## 【0008】

本発明の他の構成は、

非単結晶半導体膜に対して窒化性または酸化性雰囲気中において、レーザー光またはそれと同等な強光を照射し、前記非単結晶半導体表面を窒化もしくは酸化するとともに、前記非単結晶半導体膜の結晶性を改善させる工程と、

前記酸化膜上に絶縁膜を積層する工程と、

を有することを特徴とする。

## 【0009】

上記構成において、非単結晶半導体膜としてはプラズマCVD法や減圧熱CVD法で成膜したアモルファスシリコン膜を挙げることができる。また、このようなアモルファス半導体膜を $650^{\circ}\text{C}$ 以下の温度でアニールすることによって結晶

化させた多結晶や微結晶の半導体膜も利用できる。窒化性または酸化性雰囲気中において、レーザー光またはそれと同等な強光を照射するのは、これら非単結晶半導体膜の表面に窒化膜、酸化膜あるいは酸化窒化膜を形成するとともに、非単結晶半導体膜の結晶性を向上させるためである。酸化性雰囲気とは、積極的に酸化を行わすために酸化性のあるガスを多く含有させた雰囲気のことをいい、亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) や二酸化窒素 ( $NO_2$ ) 等を多量に含む雰囲気、あるいはこれらと酸素等との混合雰囲気のことである。従って単にこれらのガスが微量に含まれている雰囲気とは異なる。雰囲気中には塩素やトリクロロエチレン (トリクレン、TCE、 $CHCl=CCl_2$ ) 、トランス-1、2-ジクロールエチレン ( $CHCl=CHCl$ ) が含まれていても良い。このようなガスは酸化作用を促進する。

#### 【0010】

このレーザー光またはそれと同等な強光の照射を結晶性を有するシリコン膜に対して行えば、シリコン膜表面に薄い酸化珪素膜を形成することができる。特に紫外線を照射した場合には化学反応が促進し、良質の酸化珪素膜が得られる。

レーザ光または強光の照射の後に、プラズマCVD法等の成膜方法で絶縁膜、例えば酸化珪素を形成することで、レーザー光等の照射の際に半導体表面に形成された良好な界面特性を有する酸化膜や窒化膜に重ねて、絶縁膜を必要とする厚さに形成することができる。

#### 【0011】

##### 【作用】

半導体、特にシリコン半導体に対して、窒化性または酸化性雰囲気中においてレーザー光またはそれと同等な強光を照射することにより、半導体表面に界面特性の良好な酸化膜を形成することができる。特に、半導体としてシリコンを用い、非単結晶シリコン膜に対して、窒化性または酸化性雰囲気中においてレーザー光またはそれと同等な強光を照射することにより、非単結晶半導体表面に界面特性の良好な窒化珪素膜、あるいは酸化珪素膜、もしくは酸化窒化珪素膜を形成するとともに、非単結晶半導体膜の結晶性を向上させることができる。特にこのようにして作製された酸化珪素膜の場合は、通常の乾燥酸素中で1000～120

0℃の温度の熱酸化で得られる酸化珪素膜に匹敵するほど、固定電荷が少なく、界面準位密度 ( $Q_{ss}$ ) も低い。このため、TFT等の絶縁ゲイト型デバイスのゲイト絶縁膜としては優れている。

## 【0012】

そして、上記の酸化膜に重ねて酸化珪素膜等の絶縁膜を形成することで、TFTのゲイト絶縁膜として用いるに十分な厚さの界面特性に優れたゲイト絶縁膜を半導体膜上に形成することができる。すなわち、本発明においてはゲイト絶縁膜は少なくとも2層から成り立っており、半導体と接する薄い酸化膜は半導体がレーザー等の照射によって酸化してできたもので、その界面特性は優れている。しかしながら、これだけではゲイト絶縁膜として用いるには耐圧等の点で不十分である。そこで、それに重ねて気相成長法によって必要な厚さと耐圧を備えた絶縁膜を形成することにより、はじめてゲイト絶縁膜として好ましい被膜を得ることができる。

## 【0013】

このような成膜工程は全て実質的に大気から隔離された環境でおこなわれることが望ましい。もし、レーザー等の照射の工程の後に、一度、大気中に半導体表面をさらすと、表面が汚染されてしまい、せっかく、レーザー等の照射によって得られた良質な酸化膜等が台無しになってしまう。したがって、レーザー等の照射と気相成長法による絶縁膜の成膜の間には半導体表面を大気にさらす工程を入れてはならない。そのため、本発明においては、これらの装置の間に基板を移送するための特別な手段が必要とされる。

以下に実施例を示し、本発明の数々の例を説明する。

## 【0014】

## 【実施例】

## 〔実施例1〕

図1には本発明を実施する装置の例を示す。この例では、プラズマCVD成膜装置とレーザー処理装置（例えば、レーザーハニール装置）を組み合わせたもので、2つの装置の間には予備室を1つ設けてある。

図において、1はプラズマCVD装置のチャンバーであり、2はレーザーハニ

ール装置のチャンバーである。これらのチャンバーにはガス導入バルブ7、18と排気バルブ8、19を設け、必要なガスを導入し、排気できるようにし、また、内部の圧力を適切な値に保てるようにされている。

## 【0015】

チャンバー1には、さらに、電極4、5が設けられ、電極5上には処理されるべき基板（試料）6を置き、電極4にはRF電源（例えば、周波数13.56MHz）3が接続されている。そして、チャンバー内に適切なガス（例えば、モノシランやジシランと酸素、亜酸化窒素等）を導入し、電極間に放電を生じさせて、基板6上に被膜を形成する。基板は必要によって加熱されてもよい。

## 【0016】

チャンバー2には窓14が設けられ、レーザー装置11からミラー12、レンズ13を経由したレーザー光が窓を通して、サンプルホルダー15上の基板17に照射される。基板はヒーター16によって200～500℃、好ましくは300～400℃に加熱される。この加熱は結晶化を再現性良くおこなう際には欠かすことができない。

チャンバー2では、レーザーアニールによって結晶性を改善することによって特性の向上が図られる。この際、レーザーアニール装置のチャンバー内を酸素雰囲気とすることによって、アモルファスシリコン膜等の非単結晶シリコン膜の結晶性の改善とその表面への酸化膜の形成が同時に行われる。同様にアンモニア雰囲気のような窒化性の雰囲気でレーザーアニールをおこなうと、窒化膜が形成される。亜酸化窒素雰囲気、もしくは酸素とアンモニアの混合雰囲気であれば、酸化窒化膜が形成される。

## 【0017】

サンプルホルダーは可動式で、基板を乗せたまま、徐々に図の右側に移動することができる。その結果、基板全面にレーザー処理をおこなうことができる。例えば、基板が300mm×400mmあるとすれば、レーザービームの形状を2×350mmの線状とすることによって、基板の全面をレーザー処理できる。また、このときのホルダーの移動速度が20mm/秒であれば、1枚の基板の処理時間は $400 \div 20 = 20$ 秒である。

## 【0018】

島状のアモルファスシリコン膜もしくは多結晶シリコン膜が成膜された基板は以下のような順序で処理される。まず、予備室を  $10^{-5} \sim 1$  torr に排気する。一方、レーザー処理装置のチャンバー2も同じ程度に排気されている。そして、予備室とレーザー処理装置の間のゲートを開けて、予備室からレーザー処理装置に基板を移送する。移送後、ゲートは閉じられ、チャンバー2内に適当な圧力のガスを導入する。さらにサンプルホルダー15をヒーター16によって適切な温度にまで加熱する。温度が安定し、レーザー処理装置にセットされた基板の精密な位置合わせが完了したら、レーザー処理がおこなわれる。このレーザー照射によって、シリコン膜の結晶性を向上させる。この際には、雰囲気は、 $1 \sim 10$  torr の圧力で、酸素もしくは酸化窒素（例えば、亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) 、二酸化窒素 ( $NO_2$ ) 等）の分圧が 10 %以上となるようにする。この結果、レーザー照射と同時にシリコン膜表面に薄い酸化珪素膜が形成される。

## 【0019】

その後、チャンバー2を排気して、 $10^{-5} \sim 1$  torr の圧力にし、再び、基板を予備室9に戻し、さらに、予備室と同じ程度に排気されたプラズマCVD成膜室1に移送する。そして、成膜手順にしたがって、酸化珪素、窒化珪素等の絶縁膜を形成する。この成膜工程の間にあっては、チャンバー1では別の基板の処理をおこなってもよい。成膜終了後、成膜装置1の内部を排気して、 $10^{-5} \sim 1$  torr の圧力にし、成膜装置1と予備室の間のゲートを開けて、基板をやはり同じ程度に排気された予備室に移送し、予備室を大気圧と同じ圧力にし、基板を大気に取り出す。

## 【0020】

以上の工程において、例えば、基板のセッティングから位置合わせ、取り出しまでのを含めた基板1枚に対するレーザー装置での処理時間が、基板のセッティング、排気をも含めたプラズマCVD装置での成膜時間とほぼ等しければ、レーザー処理装置からプラズマCVD装置まで待ち時間無しで処理できる。もし、基板1枚のレーザーの処理時間が、プラズマCVDでの成膜時間の半分であれば、プラズマCVDでの成膜を一度に2枚おこなうようにすればよい。この場合には、

最初に2枚の基板が予備室にストックされ、その後、うち1枚がレーザー処理装置に送られ、処理され、他の1枚は予備室に保存される。そして、最初の1枚が処理された後に予備室に保存されていた1枚が処理される。2枚とも処理されたのちにプラズマCVD装置に送られ、2枚同時に成膜される。

### 【0021】

本装置を使用して、TFTを作製する工程の概略について述べる。工程図を図2に示す。まず、コーニング7059等のガラス基板101上に酸化珪素の下地膜102を形成する。酸化珪素膜102の厚さは、ガラス基板101からのイオンが混入しないように1000~5000Åが好ましい。ここでは、2000Åとした。

その後、アモルファスシリコン膜を堆積した。その厚さは300~1000Åが好ましい。ここでは、500Åとした。そして、400~500℃、例えば、450℃で適当な時間アニールすることにより、膜から水素を除去する。そして、このアモルファスシリコン膜を島状に加工して、島状領域103とした。このような処理を施した基板を図1の装置のレーザー処理装置2によって、レーザー照射することにより、アモルファス状態の島状シリコン膜103を結晶性のシリコン膜に変化させた。

### 【0022】

レーザーとしてはKrFエキシマーレーザーを用いた。レーザー照射の条件は、エネルギー密度は350~450mJ/cm<sup>2</sup>、ショット数は1か所に付き、2~20ショット、基板温度は200~400℃とした。レーザー照射の雰囲気は1気圧の酸素/アルゴン雰囲気でおこなった。酸素の分圧は20%とした。

このレーザー照射の結果、島状領域103の表面には厚さ数10Åの薄い酸化珪素膜104が形成された。(図2(A))

その後、基板を図1の装置のプラズマCVD装置1に移送し、そこで、酸化珪素膜を形成した。レーザー処理装置からプラズマCVD成膜装置に基板が搬入されるまでの間、基板は水分等の大気成分に触れることはなかった。

### 【0023】

プラズマCVD装置1においては、シランと亜酸化窒素を原料とし、厚さ10

00~1500Å、例えば、1200Åの酸化珪素膜105を成膜した。原料ガスにはトリクルオロエチレンもしくは塩化水素を微量購入しておくと、シリコン膜中の可動イオンも除去できるので都合がよい。。この酸化珪素膜105はTFTのゲート絶縁膜としても機能する。（図2（B））

その後、アルミニウム、タンタル、クロム、タングステン、モリブデン、シリコンおよびそれらの合金や多層配線等の材料によってゲート電極106、108を形成する。さらに、ゲート電極に電解溶液中で通電することによって、ゲート電極の上面および側面に陽極酸化膜107、109を形成する。陽極酸化膜の厚さは1000~2500Åとした。この陽極酸化膜は、その後のイオンドーピングやレーザーアニール、層間絶縁物の成膜工程で受けるゲート電極のダメージを減じる作用を有する。

#### 【0024】

その後、公知のイオンドーピング法と相補型MOS（CMOS）技術によって、P型領域110、112、N型領域113、115を形成する。この結果、Pチャネル型TFT（PTFT）のチャネル領域111、Nチャネル型TFT（NTFT）のチャネル領域114を形成する。そして、これにレーザー光を照射して、イオンドーピングによってダメージを受けた領域の結晶性を改善せしめた。このレーザー照射も図1の装置のレーザー処理装置によっておこなえばよい。また、この場合にはレーザーのエネルギーは図2（A）の工程ほど強力なもののは必要とされない。レーザー照射の条件としては、基板温度は室温、レーザーエネルギー密度は250~350mJ/cm<sup>2</sup>とした。他の条件は図2（A）の工程と同一とした。（図2（C））

#### 【0025】

その後、基板を図1のプラズマCVD装置に移送し、層間絶縁物として酸化珪素膜116を形成した。酸化珪素膜の厚さは3000~8000Å、例えば、5000Åとした。

その後、島状領域にコンタクトホールを開孔して、アルミニウム膜を3000~8000Å、例えば、5000Å堆積し、これをエッチングして、配線・電極117、118、119を形成した。アルミニウムと島状領域の間に厚さ500

～1500、例えば、1000Åの窒化チタン膜をはさむと、良好なコンタクト特性が得られた。（図2（D））

本実施例によって作製したTFTは特性が優れており、例えば、電界効果移動度としては、NTFTで $200\sim300\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、PTFTで $100\sim250\text{ cm}^2/\text{Vs}$ が安定して得られた。

#### 【0026】

##### 【実施例2】

図3には本発明の例を示す。この例では、プラズマドーピング装置（イオンドーピング装置とも言う）とプラズマCVD（兼ドライエッティング）装置、およびレーザー処理装置（例えば、レーザーアニール装置）を組み合わせたもので、3つの装置の間にはそれぞれ予備室を1つ設けてある。

図3において、21はプラズマドーピング装置のチャンバーであり、22はエッティング装置の、また、23はレーザーアニール装置のチャンバーである。これらのチャンバーには必要なガスを導入し、排気でき、また、内部の圧力を適切な値に保てるようにされている。

#### 【0027】

チャンバー21には、さらに、アノード電極25、グリッド電極26が設けられ、アノードには高電圧電源24によって、最大で100kVの高電圧が印加される。グリッド電極近傍にRF放電等によって発生したプラズマ中の陽イオン27は、上述の高電圧によってサンプルホルダー29の方向に加速される。その結果、サンプルホルダー29上の基板（試料）28には、加速された陽イオン（ホウソイオンやリンイオン、あるいは水素イオン等）が打ち込まれる。

#### 【0028】

例えば、基板28には絶縁基板上に結晶性シリコンと、その上の酸化珪素層が形成され、さらに、薄膜トランジスタのゲート電極が形成されているものとする。このようなドーピングによって酸化珪素層およびシリコン層には必要な不純物が注入される。このように、酸化珪素等の材料を通してドーピングすることをスルードープというが、歩留り良く半導体素子を形成するには適した方法である。

プラズマCVD装置兼エッティング装置22には電極33、34が設けられ、電

極33にはR F電源32が接続され、また、電極34上には基板35が置かれる。例えば、四フッ化炭素雰囲気中でR F電源からの電力によって、電極間に放電を生じさせると、基板上の酸化珪素膜やチャンバーの内壁に被着した酸化珪素膜をエッチングすることができる。また、酸素雰囲気中でR F放電させるとフォトレジスト等の有機物が酸化・除去され、いわゆるアッシングがおこなわれる。また、雰囲気をモノシリランと酸素にしてR F放電をおこなうと、酸化珪素膜の成膜をおこなうことができる。

## 【0029】

レーザー処理装置23は実施例1に示したものと実質的には同じもので、チャンバー23には窓41が設けられ、レーザー装置38からミラー39、レンズ40を経て、レーザー光が窓を通して、可動式のサンプルホルダー44上の基板42に照射される。基板はヒーター43によって加熱されてもよい。使用するレーザーとして、量産性に優れた紫外光エキシマーレーザー、例えば、KrFレーザー(波長248nm)、XeClレーザー(308nm)やXeFレーザー(350nm)が好ましい。

プラズマドーピング装置21とプラズマCVD装置22とレーザー処理装置23の間にはそれぞれ予備室30、36が設けられている。

## 【0030】

本装置はいくつものチャンバーをそなえているので、多様な処理が可能である。例えば、十分に水素出しをおこなったアモルファスもしくは多結晶状態の島状のシリコン膜が形成された基板に最初、プラズマドーピング装置21において、シリコン膜中に適量の水素イオンを注入する。次にレーザー処理装置23において、酸素もしくは亜酸化窒素雰囲気にてレーザー照射をおこなって、島状シリコン領域の結晶性を改善させるとともに、その表面に薄い酸化珪素膜を形成する。その後、基板をプラズマCVD装置22に移送して、ここでゲイト絶縁膜となるべき酸化珪素等の絶縁膜の成膜をおこなう。水素イオン注入の工程はなくてもよい。

## 【0031】

また、ソース/ドレインのドーピング工程を含む処理にも使用できる。まず、

フォトレジストでコーティングし、P型（もしくはN型）のTFTを形成する領域のみを露出させた基板に対して、プラズマドーピング装置21でP型（もしくはN型）不純物をドーピングする。その後、基板をプラズマCVD装置22に移送し、ここで、酸素雰囲気中でのRF放電、すなわちアッシングをおこなうことにより、フォトレジストを除去する。この結果、基板の全面が露出する。そして、再び、プラズマドーピング装置21に基板を戻して、今度は、N型（もしくはP型）不純物をドーピングする。このドーピングでは、先のドーピングの工程で、フォトレジストに覆われていた領域には、N型（もしくはP型）の不純物がドーピングされ、N型（もしくはP型）となる。一方、先のドーピングの際にP型不純物がドーピングされた領域にもN型（もしくはP型）不純物がドーピングされるが、これは、最初のドーピングのドーズ量を後のドーピングのドーズ量よりも減らすことによって、P型（もしくはN型）を維持できる。

その後、基板はレーザー処理装置23に移送され、実施例1の場合と同様に、ドーピングされた不純物の活性化のためにレーザーニールされる。

### 【0032】

このようなマルチ・チャンバー・システムを用いて薄膜トランジスタ（TFT）を作製する例を図5に示す。ガラス基板（例えば、コーニング7059）201上に厚さ200～2000Åの下地酸化珪素膜202をスパッタリング法やプラズマCVD法によって形成する。さらに、LPCVD法やプラズマCVD法、スパッタリング法等の方法によってアモルファスシリコン膜を300～1000Å堆積し、これを550～650℃、4～48時間の窒素中、もしくは真空中の加熱によって結晶化させる。その際、膜に微量のニッケルを混入させると、結晶化温度を低下させ、かつ、結晶化時間を短くすることができる。

### 【0033】

そして、この結晶化したシリコン膜をパターニングして島状領域203を形成する。その後、図3に示す装置に基板をセットし、まず、レーザー処理装置にてレーザー照射することにより、島状シリコン膜203の結晶性を改善する。実施例1の場合と異なり、既に島状シリコン領域はある程度の結晶化が進行していたが、粒界にはまだ、微細なアモルファス成分が多く、これらを完全に結晶化させ

ることにより、TFTの特性を飛躍的に向上させることができる。

レーザーとしてはKrFエキシマーレーザーを用いた。レーザー照射の条件は、エネルギー密度は $350\sim450\text{mJ/cm}^2$ 、ショット数は1か所に付き、2~20ショット、基板温度は $200\sim400^\circ\text{C}$ とした。レーザー照射の雰囲気は1気圧の亜酸化窒素雰囲気でおこなう。

#### 【0034】

このレーザー照射の結果、島状領域203の表面には厚さ数 $10\text{\AA}$ の薄い酸化珪素膜204が形成される。(図5(A))

その後、基板を図3の装置のプラズマCVD装置22に移送し、そこで、厚さ $1000\sim1500\text{\AA}$ 、例えば、 $1200\text{\AA}$ の酸化珪素膜205を成膜する。(図5(B))

その後、スカンジウムが $0.1\sim0.3$ 重量%入ったアルミニウムによってゲイト電極206、208を形成する。さらに、ゲイト電極に電解溶液中で通電することによって、ゲイト電極の上面および側面に陽極酸化膜207、209を形成する。陽極酸化膜の厚さは $1000\sim2500\text{\AA}$ とした。

#### 【0035】

その後、図5の島状領域203の右側の部分をフォトレジストでマスクして、図3の装置にセットし、プラズマドーピング装置21でホウ素を $0.5\sim5\times10^{15}/\text{cm}^2$ ドーピングする。この結果、島状領域203の左側にP型領域210、212が形成され、また、PTFTのチャネル領域211も形成される。その後、基板をプラズマCVD装置22に移送し、酸素プラズマによって、フォトレジストをアッシング除去する。そして、再び、基板をプラズマドーピング装置21に移送し、今度は磷をドーピングする。ドーズ量は $0.1\sim2\times10^{15}/\text{cm}^2$ とし、かつ、先のホウ素のドーズ量よりも小さくすることが望まれる。この結果、N型領域213、215とNTFTのチャネル領域214を形成する。(図5(C))

#### 【0036】

さらに、基板をレーザー処理装置23に移送し、ドーピングされた不純物の活性化をおこなう。レーザー照射の条件としては、基板温度は室温、レーザーエネ

ルギー密度は $250\sim350\text{mJ/cm}^2$ とした。(図5(D))

その後、基板を図3のプラズマCVD装置22に移送し、層間絶縁物として酸化珪素膜216を形成する。酸化珪素膜の厚さは $3000\sim8000\text{\AA}$ 、例えば $5000\text{\AA}$ とした。その後、基板を図3の装置から取り出し、島状領域にコンタクトホールを開孔して、窒化チタン膜 $1000\text{\AA}$ 、アルミニウム膜を $3000\sim8000\text{\AA}$ 、例えば $5000\text{\AA}$ 堆積し、これをエッチングして、配線・電極217、218、219を形成する。こうして、CMOS型のTFT回路が形成される。(図5(E))

### 【0037】

#### 【実施例3】

図4には、マルチチャンバー構成の本発明の装置の概略を示す。図4の装置の詳細な図面は図8に示す。図3の装置は3つの装置が直線状に接続されたマルチチャンバーであったが、本実施例の装置は星型のマルチチャンバーである。すなわち、基板の出し入れのための搬入搬出室を構成するチャンバー51、基板に対して各種加熱処理(例えば、水素雰囲気でのアニール)をおこなう加熱処理室を構成するチャンバー53、レーザー光の照射を行うレーザー処理室を構成するチャンバー55、スパッタリング法で酸化珪素の成膜を行うための成膜室を構成するチャンバー57と、共通の予備室(搬送室)59を有する。また、予備室と各チャンバーとはゲート52、54、56、58によって接続される。基板は61～64に示されるように共通の予備室59に配置されたロボットハンド60によって、各チャンバー間を移送される。搬入搬出室には複数枚の基板をカセットの状態でセットするとロボットによって自動的に1枚づつ各チャンバーに移送され、処理が終了した基板は自動的にカセットに戻されるような、いわゆるカセット・トゥー・カセット(C-to-C)方式を採用してもよい。

### 【0038】

以下に図4に示す装置を用いたTFT(薄膜トランジスタ)の作製例を示す。図6を用いて、本実施例を説明する。まずガラス基板301として、コーニング7059基板を用い、 $620\sim660^\circ\text{C}$ で1～4時間アニールした後、 $0.1\sim1.0^\circ\text{C}/\text{分}$ 、好ましくは、 $0.1\sim0.3^\circ\text{C}/\text{分}$ で徐冷し、 $450\sim590^\circ\text{C}$

まで温度が低下した段階で取り出した。そして、基板上に下地膜302を形成し、さらに、プラズマCVD法によって厚さ300~800Åのアモルファスシリコン膜303を成膜した。そして、厚さ1000Åの酸化珪素のマスク304を用いて305で示される領域に厚さ20~50Åのニッケル膜をスパッタ法で成膜した。ニッケル膜は連続した膜状でなくともよい。また、スパッタ法ではなく、スピンドルコーティング法でもよい。このとき、添加されたニッケルは結晶化を促進させる効果がある。

この後、窒素雰囲気下で500~620℃、例えば550℃、8時間の加熱アニールをおこない、シリコン膜303の結晶化を行った。結晶化は、ニッケルとシリコン膜が接触した領域305を出発点として、矢印で示されるように基板に対して平行な方向に結晶成長が進行した。（図6（A））

#### 【0039】

次に、シリコン膜303をエッチングして、島状の活性層領域306および307を形成した。この際、図6（A）に斜線で示したニッケルが直接導入された領域および結晶成長の先端には、ニッケルが高濃度に存在する。これらの領域は、その間の結晶化している領域に比較してニッケルの濃度が1桁近く高いことが判明している。したがって、本実施例においては、活性層領域306、307はこれらのニッケル濃度の高い領域を避けて形成し、ニッケルの濃度の高い領域は除去した。そして、ニッケルがほとんど存在しない領域にTFTの活性層を形成した。本実施例の活性層中のニッケル濃度は、 $10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度であった。

#### 【0040】

このように処理した基板を、図4に示す装置に搬入搬出室（ローダー・アンローダー）51より搬入した。搬入搬出室51に基板をセットした後、全てのチャンバーは高真空状態とした。そしてゲート52を開け、ロボットアーム60によって基板を共通の予備室（搬送室）59に移送した。次にゲート52を閉じ、ゲート54を開け、基板を加熱処置室53に移送した。そして、雰囲気を水素もしくは窒素とし、基板を200~400℃に加熱した。

その後、ゲート54およびゲート56を開け、基板をレーザー処理室55に移

送した。そしてゲイト56を閉じ、レーザー処理室55を常圧の酸素雰囲気とした。ここでは酸素雰囲気するが、酸化性の雰囲気とするのでもよい。その後、実施例2と同じ条件でレーザー光の照射をおこない、活性層306、307の表面に厚さ50~150Åの酸化珪素膜308を得るとともに、先の熱アニールによって結晶化した領域のシリコン膜の結晶性をさらに向上させた。(図6(B))

このように、基板をレーザー照射の前に加熱処理室で予め加熱しておくことにより、レーザー処理室に基板をセットしてから基板の温度が上昇するまでの時間を節約できる。

#### 【0041】

レーザー光の照射の終了後、レーザー処理室55内の気体を排気し、高真空状態とした。そして、ゲート56を開け、基板を共通の予備室59へとロボットハンドによって移送した。そしてゲート56を閉める。次にゲート54を開け、基板を加熱処理室53に移送した。移送完了後ゲート54を閉め、加熱処理室53内を常圧の水素雰囲気とした。そして加熱処理室53内において350℃、30分の水素熱処理をおこなった。

この水素熱処理において、酸化膜308と活性層306、307との界面およびその近傍に存在する不対結合手が中和され、準位を低下させることができる。そして極めて良好な界面特性を実現することができる。

#### 【0042】

加熱処理工事が終了後、加熱処理室53を高真空状態とした。そしてゲート54を開け、基板をロボットアーム60によって共通の予備室59に移送した。移送完了後ゲート54を閉め、次にゲート58を開け、基板を成膜室57に移送した。移送完了後、ゲート58を閉め、成膜室57においてスパッタリング法により、酸化珪素膜309を成膜した。スパッタリングターゲットは高純度合成石英とした。酸化珪素膜309は1000Åの厚さに成膜した。この酸化珪素膜はその下の酸化膜308と同化しており、膜厚を自由に制御でき、同時に下地との界面特性に優れているという利点を有する。こうしてTFTのゲート絶縁膜を構成する酸化珪素膜309を成膜することができた。

#### 【0043】

上記ようにして形成されるゲイト絶縁膜は、その成膜工程の間に大気に触れることがないので、界面表面が汚染されることはなく、良好な界面特性を得ることができる。特に酸素雰囲気または酸化性雰囲気中でのレーザー光の照射によって形成される酸化膜308は、活性層306、307を構成する結晶性を有する珪素膜との界面特性に極めて優れており、TFTのゲイト絶縁膜として界面準位密度の低い極めて好ましいものを得ることができる。

なお成膜室57での酸化珪素膜309の成膜後、さらに加熱処理室53において水素熱処理を行ってもよい。

#### 【0044】

成膜室57での酸化珪素膜309の成膜終了後、成膜室57を高真空状態とする。そして、ゲート58を開け、基板を共通の予備室59に移送する。そしてゲート58を閉じる。次にゲート52を開け、基板を搬入搬出室51に移送する。そしてゲート52を閉じ、基板を搬入搬出室51から装置の外部に取り出す。

次にアルミニウムを主成分とする膜を5000Åの厚さにスパッタ法で成膜し、実施例2と同様にエッチング、陽極酸化することにより、ゲート電極部310、311を形成した。

#### 【0045】

そして実施例1および2と同様に磷およびホウ素の注入をおこない、自己整合的にTFTのソース／ドレイン領域を形成した。

磷およびホウ素のドーピング後、レーザー光またはそれと同等な強光の照射によって、ソース／ドレイン領域の活性化をおこなった。

そして層間絶縁物として酸化珪素膜312をプラズマCVD法で5000Å程度の厚さに形成し、さらに穴明け工程を経て、ソース／ドレイン電極・配線313、314、315を形成した。さらに水素雰囲気中において、350℃の温度で水素熱処理を行うことで、CMOS型のTFTを完成させた。

#### 【0046】

##### 【発明の効果】

本発明では、レーザー処理装置とこれに関連する成膜装置、さらには他の真空装置を組み合わせてシステムとし、これを効率的に活用することによって量産性

を向上させることができる。特にアモルファスまたは多結晶のシリコン膜に対して酸素雰囲気または酸化性雰囲気中において、レーザー光を照射することにより被膜の結晶性を改善することと、その表面への酸化膜の形成を同時にでき、この後、外気に曝さない状態で酸化珪素等の絶縁膜の成膜を行うことで、結晶性を有するシリコン膜上に界面特性に優れたゲイト絶縁膜を得ることができる。

## 【0047】

加えて、ゲイト電極の段差部での島状領域との電気的短絡を防止できる。すなわち、図7（A）に示すように、一般のTFTプロセスにおいては、島状領域を作製した際に、オーバーエッチによってシリコン膜の端に空孔が生じた。特に下地の酸化珪素膜が柔らかい（エッティングレートが大きい）場合には、顕著であった。そして、従来のPVD法やCVD法でゲイト絶縁膜を形成する際には、この空孔をうまく埋めきれず、クラック等によって短絡し、リーク電流が発生することが多かった。（図7（B））

しかし、本発明においては、シリコン膜の周囲に一様な厚さのピンホール等のない緻密な酸化膜もしくは窒化膜がレーザー光もしくはそれと同等な強光の照射の結果、形成されるので上記のようなクラックが生じても、ゲイト電極と島状領域の間での短絡がなく、使用上はほとんど問題がない。（図7（C））

以上のように、本発明はTFTのゲイト絶縁膜の形成に極めて有用なものである。

## 【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明のマルチチャンバーの概念図を示す。（実施例1）
- 【図2】 実施例の作製工程を示す。（実施例1）
- 【図3】 本発明のマルチチャンバーの概念図を示す。（実施例2）
- 【図4】 本発明のマルチチャンバーの概念図を示す。（実施例3）
- 【図5】 実施例の作製工程を示す。（実施例2）
- 【図6】 実施例の作製工程を示す。（実施例3）
- 【図7】 従来のゲイト絶縁膜と本発明のゲイト絶縁膜の差を示す。
- 【図8】 本発明のマルチチャンバー装置を示す。

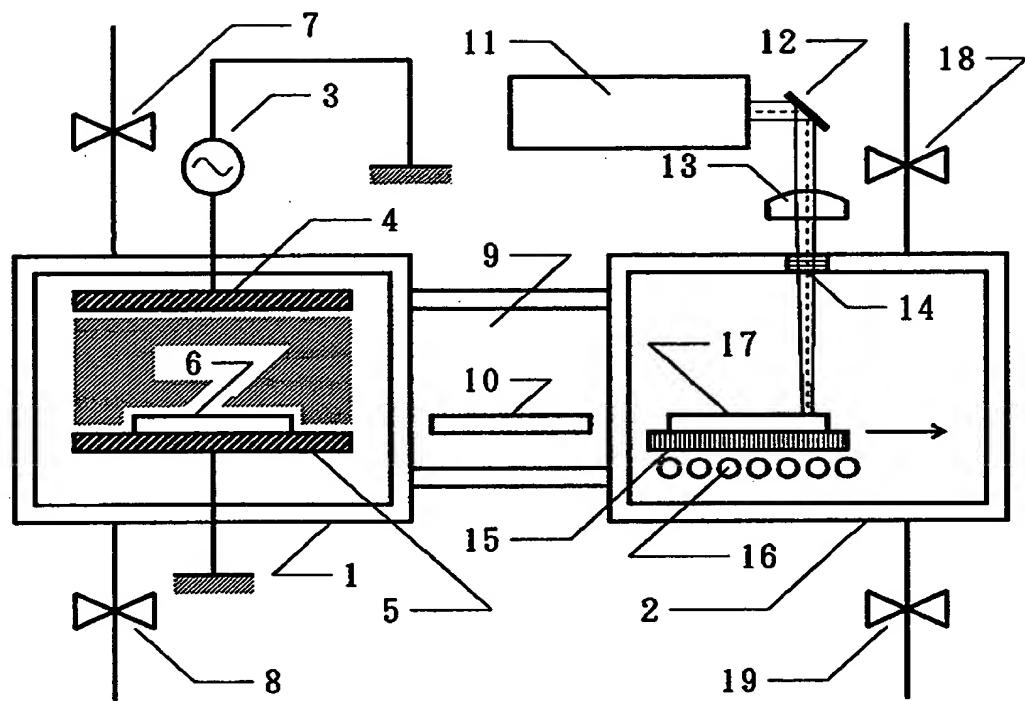
## 【符号の説明】

- 1 . . . 成膜チャンバー
- 2 . . . レーザー処理チャンバー
- 3 . . . R F 電源
- 4、5 . . . 電極
- 6 . . . (成膜中の) 基板
- 7 . . . 真空バルブ (ガス導入側)
- 8 . . . 真空バルブ (排気側)
- 9 . . . 予備室
- 10 . . . (レーザー処理後の) 基板
- 11 . . . レーザー装置
- 12 . . . ミラー
- 13 . . . レンズ
- 14 . . . 窓
- 15 . . . 基板ホルダー (可動式)
- 16 . . . ヒーター
- 17 . . . (レーザー処理中の) 基板
- 18 . . . 真空バルブ (ガス導入側)
- 19 . . . 真空バルブ (排気側)

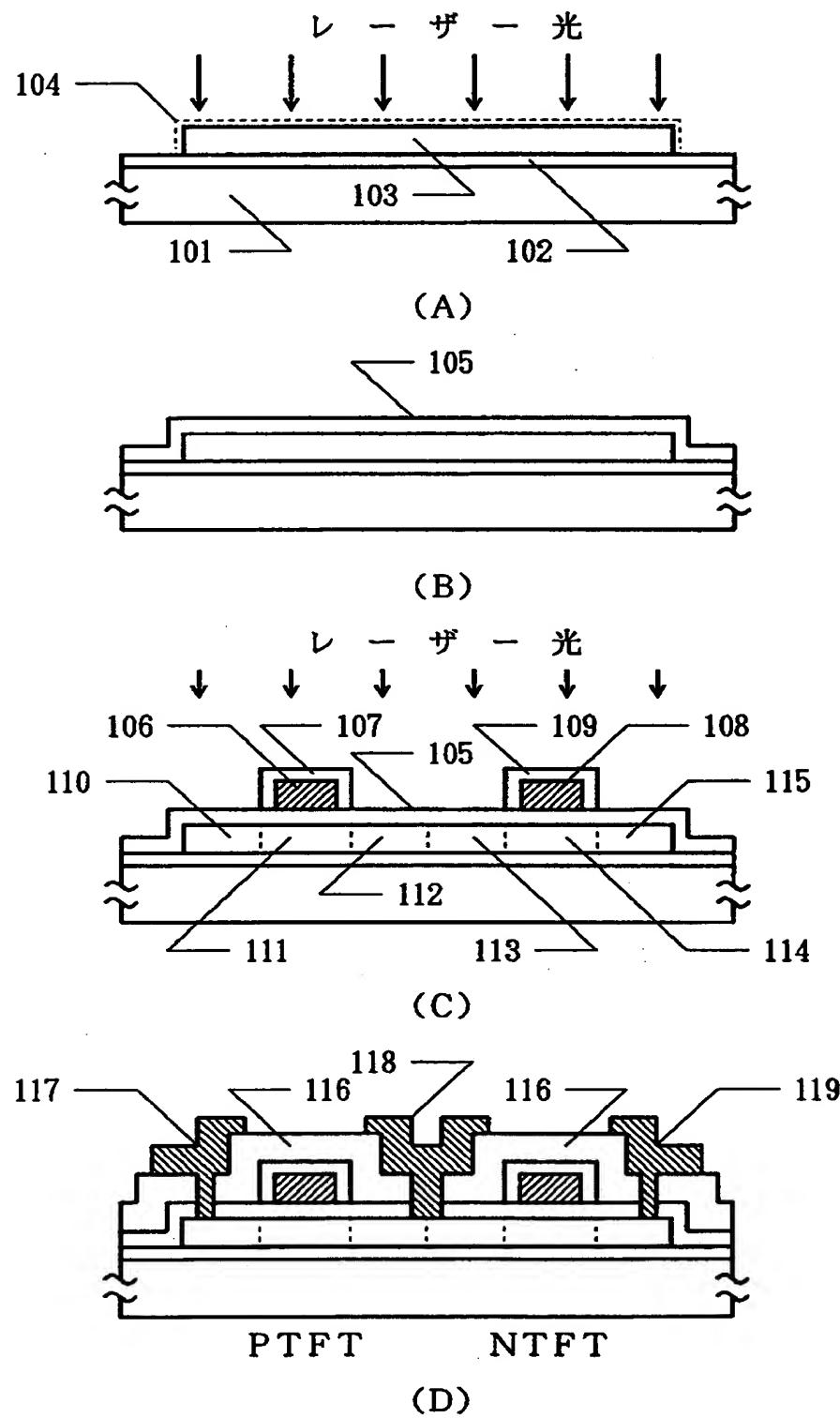
【書類名】

図面

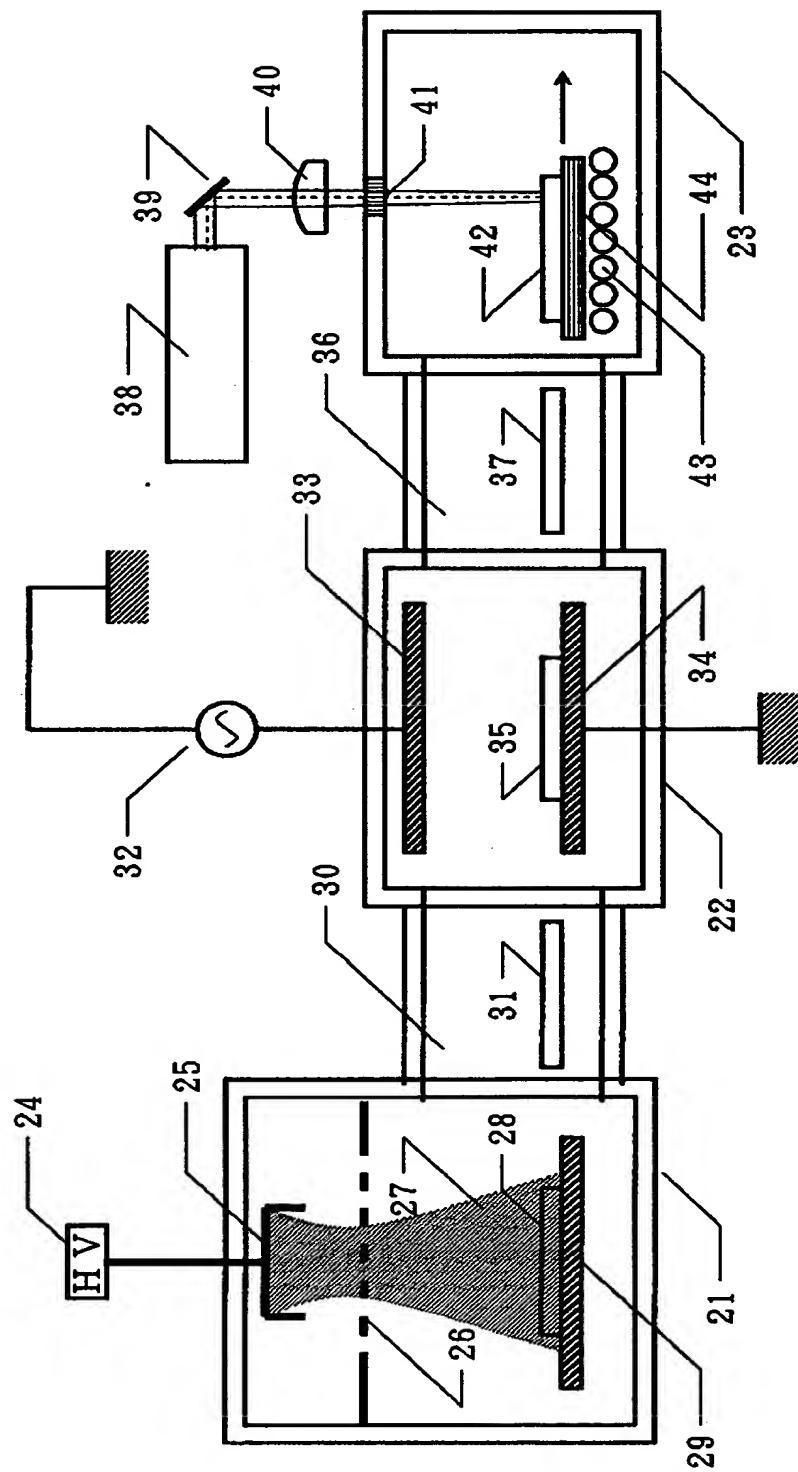
【図1】



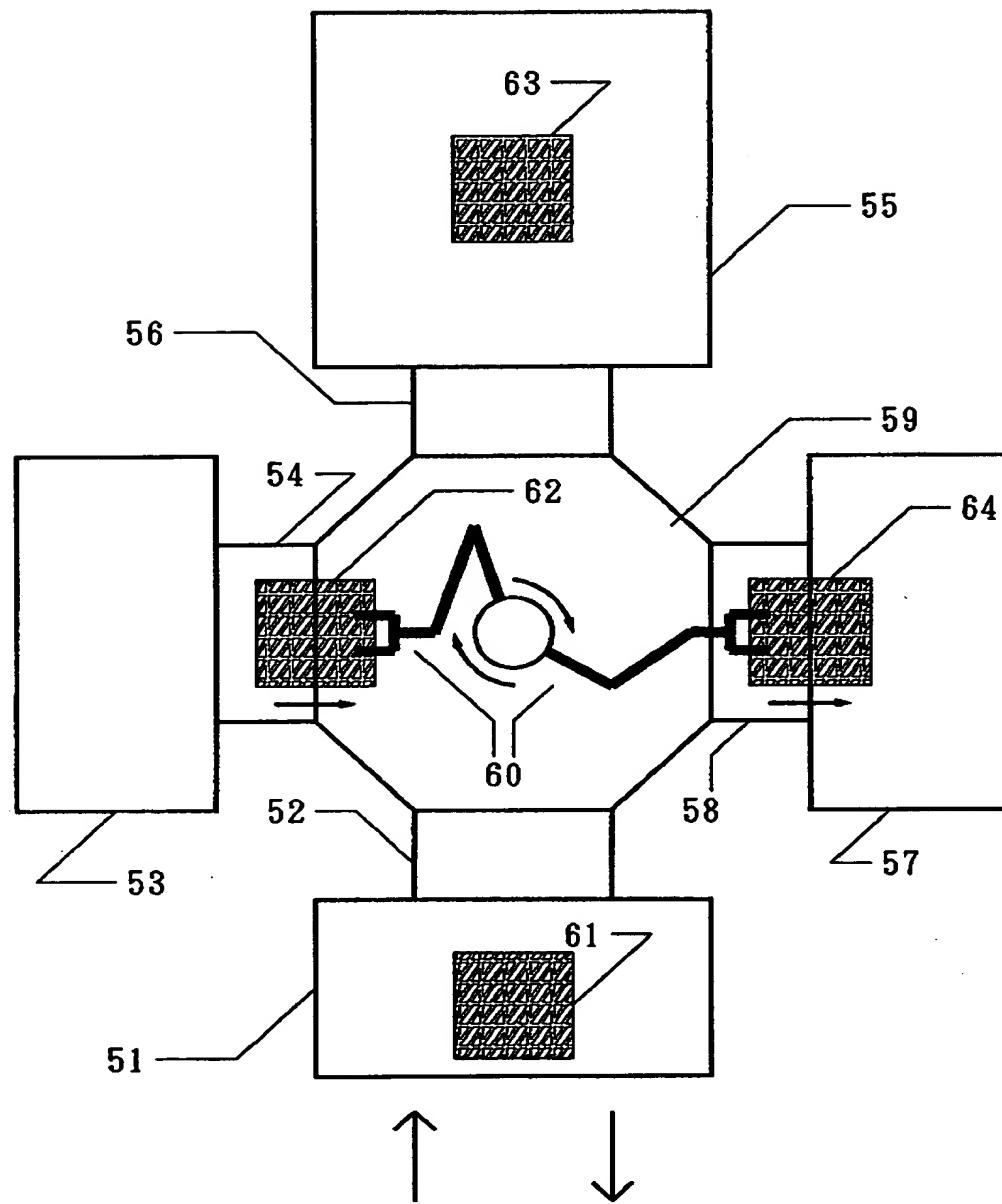
【図2】



【図3】

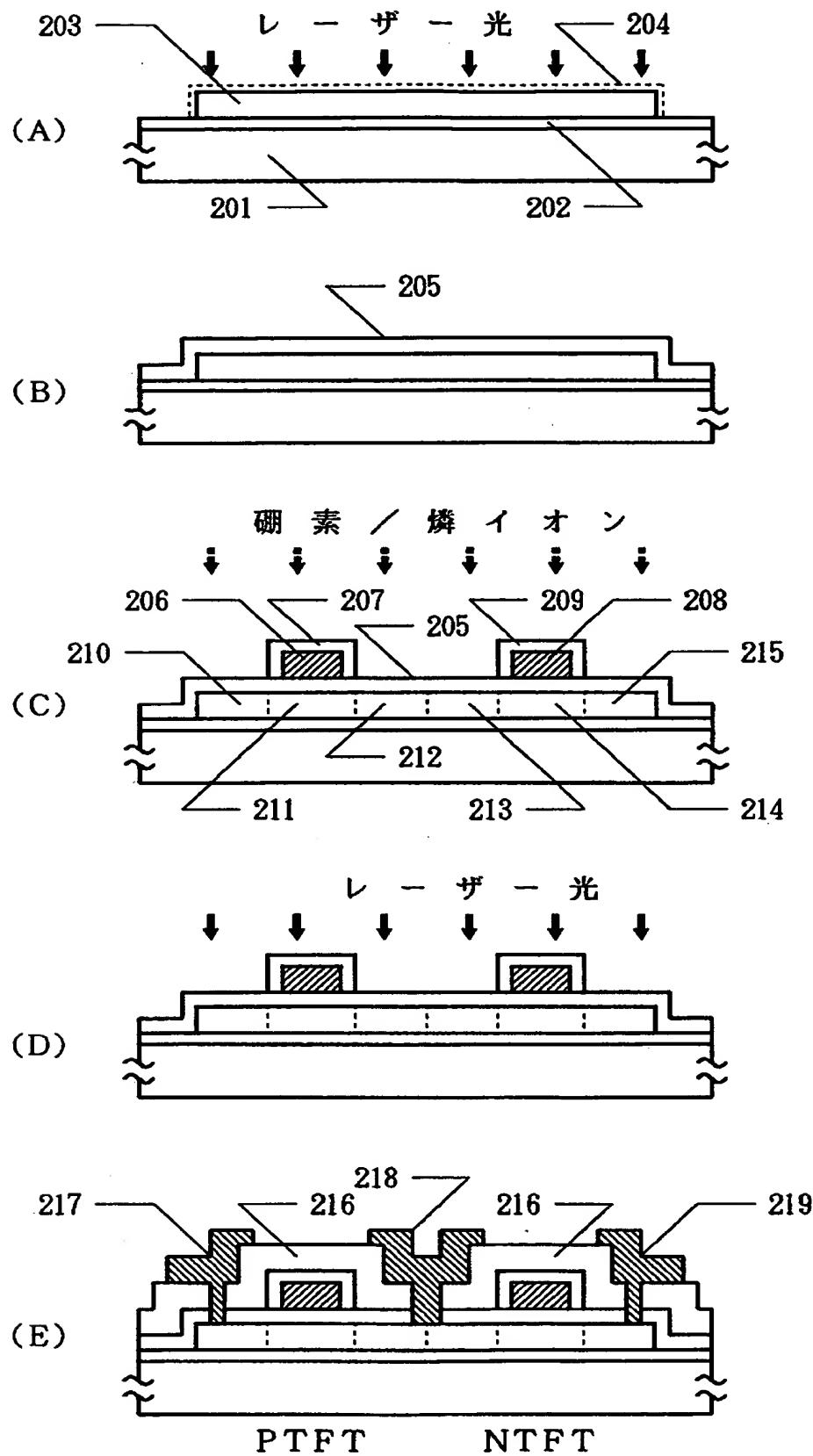


【図4】



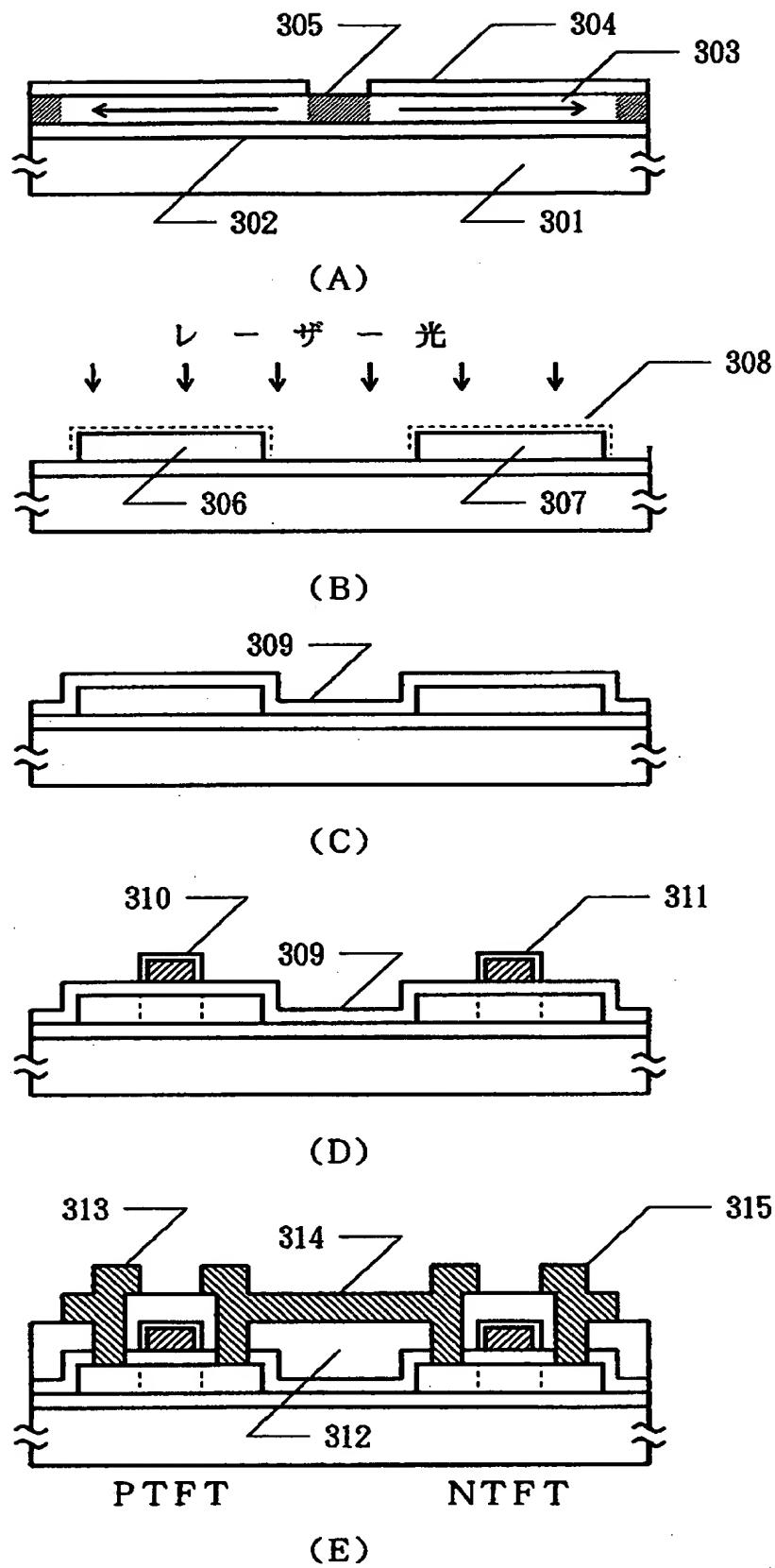
特平 6-100642

【図5】

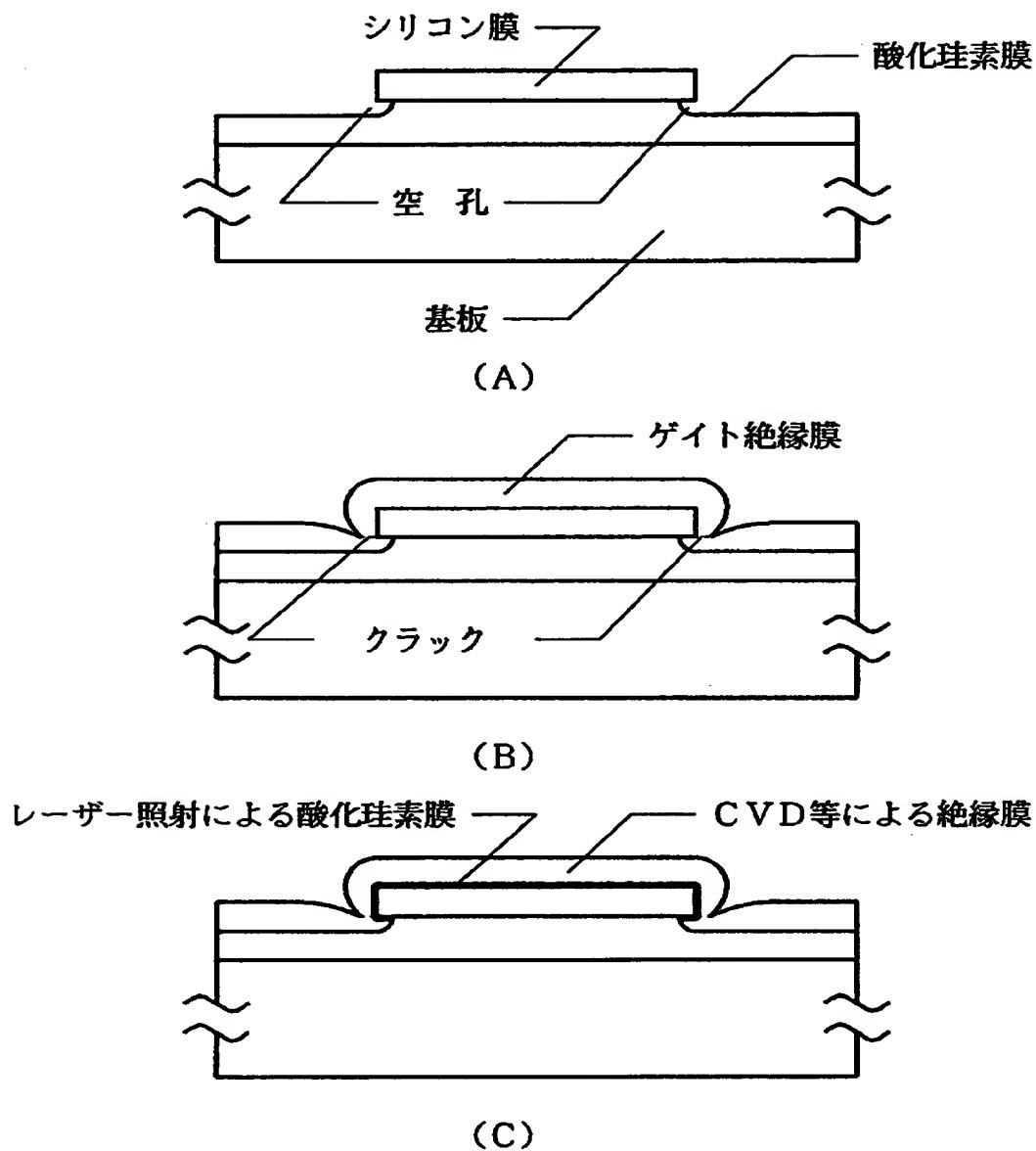


特平 6-100642

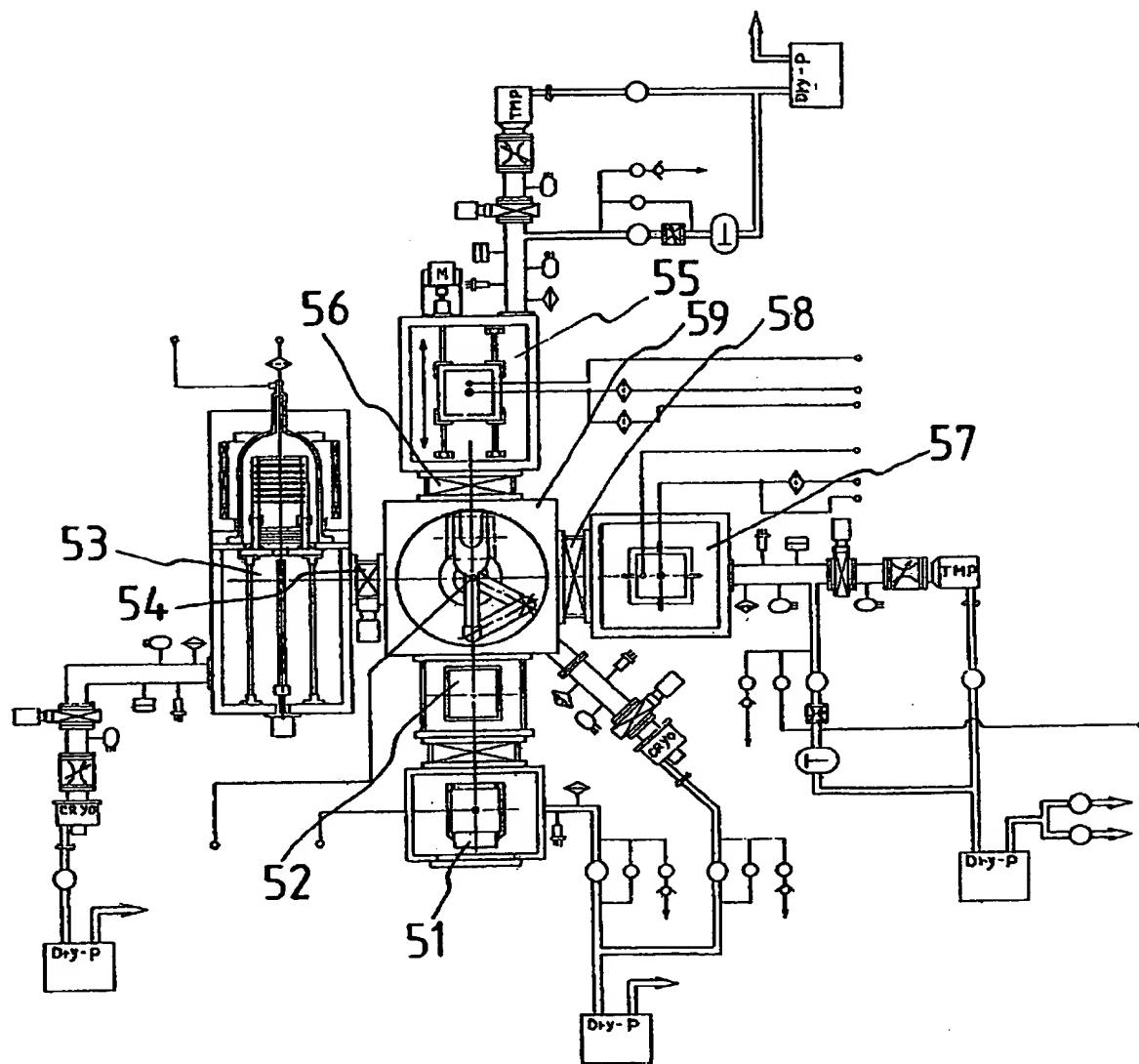
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 耐熱性の劣る基板上に良好な特性を示す薄膜トランジスタ（TFT）を作製する方法に関して、特性の優れたゲイト絶縁膜の作製方法およびそのための装置を提供する。

【構成】 酸素等の酸化性雰囲気中、もしくはアンモニア等の窒化性雰囲気中にいて、基板をレーザー処理チャンバーに置き、基板上に形成された非単結晶シリコン薄膜表面に、レーザー光もしくはこれを同等の強光を照射することによって、非単結晶シリコン膜の結晶性を改善するとともに表面にごく薄い酸化膜もしくは窒化膜、あるいは酸化窒化膜を形成する。さらに、このように処理した基板が大気に触れないように成膜チャンバーに移送し、かかる後にプラズマCVD法、スパッタリング法等の気相の成膜手段によって絶縁被膜を成膜し、所望の厚さのゲイト絶縁膜とする。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】 申請人  
【識別番号】 000153878  
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地  
【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

出願人履歴情報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日 1990年 8月17日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県厚木市長谷398番地  
氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所